

DISPLAY-TECHNOLOGIE

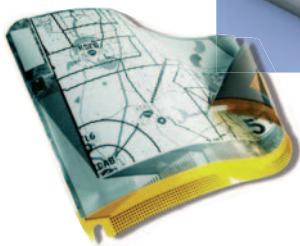
Alljährlich stellen führende Display-Entwickler ihre aktuellen Prototypen auf dem Internationalen Symposium der Society for Information Display (SID, www.sid.org) vor, das dieses Jahr in Boston stattfand. Hier präsentieren wir aus der großen Palette der Neuentwicklungen vier Highlights.

E-Paper zum Rollen

Aufrollbares, elektronisches Papier steht kurz vor der Marktreife. Das demonstrierten Forscher um Gerwin Gelinck von der Philips-Tochter Polymer Vision. Ohne Hintergrund-



Das biegsame elektronische Papier mit 12 Zentimeter Bildhöhe lässt sich platzsparend einrollen. (Foto: Polymer Vision)



beleuchtung und kontrastreicher als die Zeilen auf dieser Druckseite zeigt das elektronische Papier in vier Graustufen Texte und einfache Grafiken auf 320 mal 240 Bildpunkten (je $300 \times 300 \mu\text{m}^2$ groß) an. Mit einer Bildschirmdiagonalen von knapp zwölf Zentimetern lässt es sich ohne Schaden bis zu 10000-mal platzsparend einrollen. Bei einem Rollradius von 0,75 Zentimeter passt die millimeterdünne Displayfolie in einen handlichen, daumen-dicken Zylinder.

Für die Bildpunkte nutzen die Entwickler von Polymer Vision die mittlerweile ausgereifte Mikrokapsel-Technik des amerikanischen Unternehmens E-Ink: Millionen winziger Kapseln, nur Tausendstel Millimeter groß, bewegen sich dabei zwischen zwei flexiblen Elektroden aus Polyester und Indiumzinnoxid hin und her. Je nach Spannung werden entweder die negativ geladenen, schwarzen Kügelchen oder die positiv geladenen, weißen Gegenstücke sichtbar zur vorderen Elektrode gezogen und bilden so die schwarz-weißen Pixel.

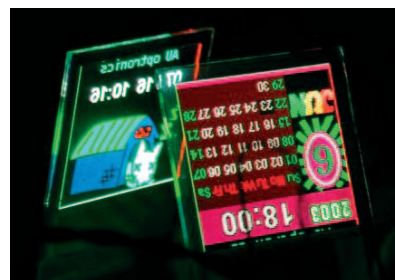
Für die deutlich gesteigerte Haltbarkeit des rollbaren Bildschirms von derzeit etwa 400 Stunden sorgt vor allem die stabilere Transistor-Unterlage, eine 25 Mikrometer dünne Schicht aus Polyimid. Darauf

brachten Gelinck und Kollegen mehrere Schichten aus halbleitenden Polymeren auf, in die sie mithilfe der Photolithographie für jeden Bildpunkt einen eigenen Transistor erzeugten. Die Schaltspannungen liegen jeweils zwischen -25 und $+25$ Volt.

Innerhalb einer halben Sekunde lassen sich die Mikrokapseln neu ausrichten, sodass eine neue Seite auf dem Display angezeigt wird. Einmal geschaltet, „merkt“ sich das E-Paper den jeweils letzten Text auch ohne permanente Stromzufuhr. Erst für einen Wechsel der Anzeige ist eine Spannung an den Transistoren nötig, um die einzelnen Bildpunkte zu schalten und neu auszurichten. Ein Lithium-Ionen-Akku aus einem handelsüblichen PDA liefert dabei genug Strom, um die Anzeige mehrere tausend Mal zu ändern. Vor einer Markteinführung wahrscheinlich im kommenden Jahr wollen die Philips-Forscher die Lebensdauer des Displays noch verdoppeln.

Doppelblick mit OLEDs

Bilder auf Front- wie Rückseite bietet ein neues Display aus organischen Leuchtdioden (OLED). Gerade für Klapphandys und Digitalkameras, die für zwei kleine Monitore nur wenig Platz bieten,



Dieses Display aus organischen Leuchtdioden erlaubt Einblicke von beiden Seiten. (Foto: AU Optronics)

ist das flache, doppelseitige Modul interessant. Mit knapp vier Zentimetern Durchmesser erreichten die Entwickler von der taiwanesischen Firma AU Optronics eine Auflösung von jeweils 128 mal 120 Farbpixeln. Einen kleinen Prototyp mit einer

Lebensdauer von rund 10 000 Betriebsstunden stellten die Forscher nun vor.

Im Unterschied zu Flüssigkristall-Monitoren kommen die organischen Leuchtdioden ohne eine Strom schluckende Hintergrundbeleuchtung aus. Denn die OLEDs emittieren nach der elektrischen Anregung je nach verwendetem Material über Fluoreszenz und Phosphoreszenz selbst aktiv Licht. Transistoren regeln den Stromfluss so, dass die jeweiligen Monitorflächen unabhängig voneinander verschiedene Bilder anzeigen können. Jeder Bildpunkt nimmt dabei eine Fläche von 240 auf 240 Quadratmikrometern ein. Mit einer Helligkeit von 150 Candela pro Quadratmeter erreichten die Forscher ein Kontrast-Verhältnis von 1000:1.

In dem Modul ordneten die Ingenieure lichtaktive Aluminium-Komplexe und Oligophenyle so zu einzelnen Pixeln an, dass diese ihr Licht entweder nach vorne oder nach hinten abstrahlen. Die zur Rückseite emittierenden OLEDs liegen dabei direkt auf einer leitenden und transparenten Schicht aus Indiumzinnoxid (ITO). Photonen, die von diesen Leuchtdioden zur Vorderseite abgestrahlt werden, werden durch eine wenige Mikrometer dicke Aluminiumschicht abgeblockt. Bei den frontseitig abstrahlenden Pixeln dagegen ist diese Aluminium-Lage viel dünner und damit transparent. Zusätzlich spiegelt eine reflektierende Al-Elektrode auf der Rückseite nach hinten fallendes Licht, sodass auch dieses durch die dünne Frontelektrode aus hauchdünner Al-Schicht und einer ITO-Lage dringen kann. Nach Aussage von AU Optronics ist das doppelte OLED-Display technisch so ausgereift, dass bereits in diesem Jahr mit der Massenproduktion begonnen werden könnte.

Bildschirm aus Nanoröhrchen

Der nur knapp drei Millimeter dicke Prototyp eines Feldemissionsdisplays verbraucht weniger als die Hälfte des Stromes, den gängige Flüssigkristallmonitore benötigen. Mit einer Bildschirmdiagonale von rund zwölf Zentimetern besitzt der Bildschirm-Prototyp von Motorola zwar nur eine magere Auflösung von etwa 160 mal 90 Bildpunkten. Die Schaltgeschwindigkeit von 60 Hertz ist jedoch bereits videotaug-

lich. Zudem sei, so Motorola, ein grundlegendes Problem zur luftdichten Einkapselung der bildaktiven Schicht gelöst worden, sodass es nur vom Willen der Lizenznehmer abhängt, wann Nanoröhrchen-Bildschirme auf den Markt kommen.

Vereinfacht kann man sich die stromleitenden, mehrwandigen Kohlenstoff-Röhrchen als winzige Elektronenkanonen vorstellen. Wird an diese Hohlkörper eine Spannung von wenigen Volt angelegt, senden sie Elektronen aus, die auf eine Phosphorschicht treffen. Je nach chemischer Zusammensetzung können damit farbige Pixel in rot, grün und blau erzeugt werden. Die nur wenige Nanometer dicken Röhrchen lassen sich in großen Mengen kontrolliert in einer heißen Gasphase aus Methan, Ethan und Zusätzen aus Edelgasen züchten. Je nach Randbedingungen setzen sich einzelne Kohlenstoffatome ausgehend von einem wenige Nanometer kleinen Metallpartikel (Eisen, Nickel) als Wachstumskeim zu den Röhrchen zusammen. Das Ergebnis lässt sich mit einem englischen Ra-



Dieser Prototyp eines Displays auf Basis von Nanoröhrchen hat eine Bilddiagonale von 5 Zoll. (Foto: Motorola)

sen vergleichen, bei dem alle Halme senkrecht stehen und exakt parallel zueinander aufgereiht sind. Für jeden einzelnen Bildpunkt senden dann Tausende dieser Röhrchen ihre Elektronen auf die jeweiligen Phosphorverbindungen.

Nach Abschätzungen von Motorola würde ein 42-Zoll-Monitor nur 75 Watt verbrauchen – im Vergleich zu 180 Watt eines derzeitigen LCD. In Fachkreisen werden die möglichen Kosten für einen 40-Zoll-Flachbildschirm mit Nanoröhrchen wegen der günstigen Herstellungsweise auf unter 400 US-Dollar geschätzt.

LEDs erhellen große LCDs

Die Fortschritte bei Bildschirmen aus organischen Leuchtdioden oder Nanoröhrchen sind mittlerweile weit gediehen. Trotzdem werden

Flüssigkristall-Displays (LCD) noch Jahre den Markt der flachen Monitore bestimmen. Doch für die notwendige Hintergrundbeleuchtung lassen sich statt bisher verwendete Leuchtstoff-Module zunehmend helle und ohne nennenswerte Abwärme strahlende Leuchtdioden einsetzen. Sie versprechen eine höhere Lichtausbeute bei geringerem Platzbedarf und Stromverbrauch. Das Unternehmen Osram Opto Semiconductors präsentierte nun das bislang größte LED-System für eine Hintergrundbeleuchtung von LCD-Monitoren bis zur einer Diagonalen von 82 Zoll.



Mit LEDs könnten sich große Flüssigkristall-Bildschirme besser und energiesparender ausleuchten lassen. (Foto: Osram)

Dieser aktuelle Prototyp besteht aus insgesamt 1120 Leuchtdioden (280 rote, 280 blaue, 560 grüne). Je eine rote, eine blaue und zwei grüne LEDs sind dabei zu einer effektiv weiß leuchtenden Gruppe angeordnet. Mit einer Dicke von nur 40 Millimetern liefern diese eine Helligkeit von 10 000 Candela pro Quadratmeter. Die Lebensdauer liegt bei etwa 50 000 Stunden, der Stromverbrauch bei 1000 Watt. Diese Monitor-Beleuchtung basiert auf den derzeit leistungsfähigsten Golden Dragon Leds von Osram. Im Dünnschichtverfahren hergestellt, zeigen diese Leuchtdioden eine Effizienz von bis zu 45 Lumen pro Watt. Je nach Farbe bestehen die Module aus den Halbleiterverbindungen Indiumgalliumnitrid und -aluminiumphosphid.

Noch wird der Markt der Flachbildschirme mit Diagonalen größer als einem Meter von der Plasma-Technologie beherrscht, zunehmend drängen aber LCD in diesen Bereich vor. Mit dem maximal 82 Zoll großem LED-Modul liefert Osram nun eine Hintergrundbeleuchtung, um diese Monitore bis zur zwei Meter-Schwelle auszustatten.

JAN OLIVER LÖFKEN